ललित नारायण मिथिला विश्वविद्यालय

कामेश्वरनगर, दरभंगा-846004

के अंतर्गत

पी-एच. डी. उपाधि हेतु प्रस्तावित भूगोल विषयक

शोध-प्रारूप

प्रस्तावित विषय:

"बिहार के बागमती-कोसी दोआब में जलवायु अनुकूल कृषि का अनुप्रयोग : एक भू-स्थानिक अध्ययन"

Supervised by:

Dr. Rashmi Shikha
Assistant Professor
Univ. Dept. of Geography
L. N. Mithila University
Darbhanga

Submitted by:

Nandan Kumar Satyam
Research Scholar
Univ. Dept. of Geography
L. N. Mithila University
Darbhanga

1.शोध शीर्षक:-

"बिहार के बागमती-कोसी दोआब में जलवायु अनुकूल कृषि का अनुप्रयोग : एक भू-स्थानिक अध्ययन"

2. परिचय:-

भारत एक कृषि प्रधान देश है। यहाँ की अधिकांश जनसंख्या कृषि पर प्रत्यक्ष रूप से निर्भर है, जबकि बिहार एक कृषि प्रधान राज्य है। क्योंकि यहाँ की लगभग 80% जनसंख्या कृषि कार्यों में प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से जुड़ा हुआ है (हिंदुस्तान,2024)। बिहार की कृषि अधिकांशत: मानसून पर ही निर्भर है। इस प्रकार बिहार की कृषि को प्रभावित करने वाले सभी कारकों में जलवायु (वर्षा तथा तापमान) प्रमुख है। वैसे तो, फसल उत्पादन के लिए किए जाने वाले कार्य को कृषि कहते हैं। लेकिन ज़िम्मरमैन के अनुसार- "भूमि से संबंधित किये जाने वाले सभी मानवीय कार्यों जैसे- फसल उत्पादन, पशु पालन, खनन, मत्स्य आदि को कृषि कहते हैं।" प्रस्तावित अध्ययन में फसलों के उत्पादकता, विविधता एवं इसके वितरण को समझने के लिए जलवायु के दो प्रमुख कारकों वर्षा एवं तापमान तथा नदी के प्रभाव को समझते हुए कृषि की स्थिति को बेहतर करने के लिए जलवायु अनुकूल कृषि तकनीक का प्रयोग करना शामिल है। जलवायु अनुकूल कृषि पर राष्ट्रीय पहल ICAR (Indian Council of Agricultural Research) ने 2010-11 के दौरान शुरू किया (Agriallis, खंड-3, अंक-7)।

हरित क्रांति भारत के कृषि क्षेत्र में अभूतपूर्व परिवर्तन लाया। इसका प्रभाव पंजाब, हरियाणा, पश्चिमी उत्तर प्रदेश पर विशेष रूप से पड़ा। इससे कृषि की उत्पादकता में (लगभग गेंहू तीन गुणा अन्य फसल दो गुणा) वृद्धि देखी गयी (यादव, विजय, 2018)। इसका प्रभाव हरित क्रांति के दो दशक आते-आते बिहार पर भी देखने को मिला है। कृषि क्षेत्र में यह अभूतपूर्व परिवर्तन तभी संभव हो पाया है, जब उन्नत किस्मों के बीज, सिंचाई के साधन, उर्वरक एवं आधुनिक यंत्र एवं तकनीक का अनुप्रयोग किया गया है (यादव, विजय,

2018)। वर्तमान समय में बिहार में भी इन तकनीकों का प्रयोग छोटे-बड़े स्तर पर किया जाने लगा है। यहाँ की कृषि नदी तथा बाढ़ से अत्यधिक प्रभावित है जिसमें कोसी नदी (बिहार का शोक) सबसे प्रमुख है। शोध अध्ययन क्षेत्र इसी बागमती से पूर्व और कोसी से पश्चिम नदी तक बागमती-कोसी दोआब को चिन्हित किया गया है। इस प्रकार यह एक भौतिक सीमा में बद्ध अध्ययन क्षेत्र है।

गंगा नदी बिहार को दो भाग- उत्तरी एवं दक्षिणी बिहार में विभाजित करती है (कुमार, विक्रम और अन्य, 2017)। उत्तरी बिहार में बाढ़ सबसे बड़ी समस्या है। इसका प्रभाव कृषि पर अत्यधिक देखने को मिलता है, जबकि दक्षिणी बिहार सूखे से प्रभावित रहता है। इस प्रकार बिहार की कृषि बाढ़ एवं सूखा दोनों से प्रभावित रहता है। सरकार द्वारा बिहार की कृषि को बेहतर बनाने के लिए अनेक कार्यक्रम एवं योजनाएं चलाये जा रहे हैं जिसका पूर्णतः अनुपालन नहीं हो पाया है। लेकिन इन योजनाओं एवं कार्यक्रमों के अनुसार अपनाये जानेवाले आधुनिक कृषि तकनीक कृषि उत्पादकता में वृद्धि किया है (कृषि रोड मैप, भाग-3)।

इस अध्ययन में उपयुक्त जलवायु अनुकूल आधुनिक कृषि तकनीक के अनुप्रयोग का कृषि क्षेत्र पर प्रभाव का मूल्यांकन करना है। इन प्रभावों में जलवायु कारक के साथ-साथ मानवीय कृषि शिक्षा एवं उनके द्वारा अपनाये जाने वाले कृषि तकनीक का विश्लेषण करना भी है। इस अध्ययन क्षेत्र में छोटे एवं सीमांत किसान द्वारा कृषि क्षेत्र में भागीदारी को भी शामिल किया जायेगा। बिहार में आने वाले बाढ़ के प्रभाव का विश्लेषण करना एवं कृषि क्षेत्र में इनके योगदानों का अंतर-संबंधित विश्लेषण शामिल है।

3. शोध-समस्या:-

मानव सभ्यता के इतिहास के साथ ही कृषि का इतिहास भी जुड़ा हुआ है। माना जाता है कि इसका विकास लगभग 7000-13000 ईशा पूर्व हो चुका था (Bakers, Martin, 2019)। जैसे-जैसे मानवीय-सभ्यता अपने चरम पर आई और आधुनिक तथा वर्तमान स्थिति में आई, वैसे-वैसे कृषि ने भी अपने बदलाव के कई दौर देखें। मानव के लिए रोटी, कपड़ा और मकान जैसी मूलभूत चीजों की

आवश्यकता मुख्य रही है जिसमें रोटी के लिए कृषि करने की जरूरत है, तथा कृषि करने के लिए कृषि अनुकूल जलवायु भी। इसी पर आधारित शोध अध्ययन क्षेत्र “बिहार के बागमती-कोसी दोआब में जलवायु अनुकूल कृषि का अनुप्रयोग : एक भू-स्थानिक अध्ययन” बदलते जलवायु में बागमती-कोसी दोआब की कृषि के लिए प्रमुख समस्याएं निम्नलिखित है-

जलवायु परिवर्तन, कम कृषि उत्पादकता, अपर्याप्त फसल विविधीकरण, सिंचाई सुविधाओं की कमी, भूमि जोत का विखंडन, बुनियादी ढांचे की कमी(सड़क, बिजली और भंडारण), अपर्याप्त बाज़ार संपर्क, आधुनिक तकनीक का अपर्याप्त उपयोग, कृषि प्रशिक्षण की कमी, नवाचार का अभाव, कभी बाढ़ तो कभी सुखे की समस्या, नवयुवकों में कृषि को लेकर कम रुचि तथा कृषि ऋण/मशीनी ऋण तक सीमित पहुंच आदि समस्या शामिल है।

4. शोध-उद्देश्य :-

1. बागमती-कोसी दोआब में फसल उत्पादन पर जलवायु परिवर्तनशीलता के प्रभाव का अध्ययन करना।
2. छोटे और सीमांत किसानों की आय पर जलवायु अनुकूल कृषि (सीआरए) तकनीकों के प्रभाव का विश्लेषण करना।
3. जलवायु अनुकूल कृषि के दायरे में किसानों की क्षमता विकास एवं उत्पादन का अध्ययन करना।
4. जलवायु अनुकूल कृषि के तहत विभिन्न फसल प्रणाली का तुलनात्मक विश्लेषण प्रदान करना।
5. मुख्य फसल उत्पादन में जल उपयोग दक्षता का अध्ययन करना।

5. पूर्व साहित्यों की समीक्षा:-

Tesfaye, Kindie और अन्य ने 2017 में प्रकाशित शोध-पत्र “Climate Variability and Change in Bihar, India: Challenges and Opportunities for Sustainable Crop Production” में बतलाया है, कि जलवायु परिवर्तन

का कृषि आधारित विकासशील क्षेत्रों में फसल उत्पादन और खाद्य-सुरक्षा पर प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष परिणाम को बतलाते हुए, बागमती-कोसी दोआब के दीर्घकालिक जलवायु आंकड़ा का विश्लेषण कर जलवायु जोखिमों के अनुकूल सरकारी नीतियों को लाया जा सकता है। जिसमें भविष्य की जलवायु के तहत वर्षा, तापमान, वाष्पीकरण का अनुमान लगाकर जलवायु अनुकूल कृषि कर उच्च फसल उत्पादन होगा।

Leo De, Simonetta और अन्य ने 2023 में प्रकाशित शोध-पत्र "Economic Implications for Farmers in Adopting Climate Adaptation Measures in Italian Agriculture" में बतलाया है, इटली की कृषि को जलवायु परिवर्तन के अनुकूल उपायों को अपनाकर आर्थिक लाभ प्राप्त करना है। क्योंकि जालवायु प्रतिकूल कृषि में किसानों को कठिनाइयों का सामना करना होता है। जिसमें उन्होंने औसत कृषि लागत का अनुमान लगाने के लिए प्रत्येक लागत को UAA(उपयोगित कृषि क्षेत्र) प्रकार की खेती और आर्थिक आकार के वर्ग का गुणा किया। जिसको अपनाने से कृषि अनुकूल उपायों को लागू करना, आर्थिक सुविधा और नीति-निर्माण को अपनाने में बढ़ावा मिलेगा।

कुमार, विक्रम और अन्य ने 2017 में प्रकाशित शोध-पत्र "Importance of weather prediction for sustainable agriculture in Bihar, India" में बतलाया है, जलवायु परिवर्तन आज विश्व की सबसे बड़ी समस्या है, लेकिन उन्होंने बिहार के संदर्भ में बतलाया। जलवायु परिवर्तन से सबसे ज्यादा कृषि प्रभावित है क्योंकि सिंचाई का 70% कार्य मानसून से ही होता है (भारतीय कृषि मानसून पर ही आश्रित है)। इसी के सटीक मौसम पूर्वानुमान और जानकारी की आवश्यकता है जिससे तीन से छ: महिनें पहले किसानों को पूर्वानुमान के आधार पर मौसम संबंधी सूचना दिया जा सके। इसके लिए उन्होंने हिल्टन (1981) के कार्य पर काम किया और बतलाया की कृषि जालवायु स्क्रीनिंग, मौसम की भविष्यवाणी और नई कृषि तकनीक के उपयोग से उत्पादन क्षमता तथा कृषि-घाटे को कम किया जा सकता है।

बनर्जी, राहुल और अन्य ने 2021 में प्रकाशित शोध-पत्र “बदलती जलवायु परिस्थितियों में कृषि के वस्तु उत्पादन की मॉडलिंग एवं पूर्वानुमान: एक समीक्षा” में बतलाया है, कृषि उत्पादकता जलवायु परिवर्तन के कारण प्रभावित हो रहा है जिसमें वर्षा, तापमान और co_2 की सांद्रता में संभावित परिवर्तन से फसल वृद्धि पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ने की संभावना होती है। जिससे खाद्य-सुरक्षा भी प्रभावित होती है। इसमें उन्होंने कृषि उत्पादन की मॉडलिंग और पूर्वानुमान के लिए सांख्यिकीय तकनीकों का उपयोग किया है। पूर्वानुमान के लिए ARIMA (autoregressive integrated moving average) का उपयोग कर फसल उत्पादन वृद्धि और सरकार आगामी वर्षों के लिए विभिन्न नियोजन निर्णयों पर विचार कर सकती है।

Saraswat, Himanshi और अन्य ने अपने आलेख “CLIMATE RESILIENT AGRICULTURE: THE NEED OF HOUR” में बतलायाहै, भारत की लगातार बढ़ रही आबादी के लिए पोषण सुरक्षा के लिए खाद्यान्न का प्रचुर मात्र में होना जरूरी है। लेकिन जलवायु परिवर्तन के कारण फसल-चक्र प्रभावित हो रही है जिसके लिए जलवायु अनुकूल कृषि पर निर्भर होना होगा। क्योंकि जलवायु परिवर्तन के कारण विकासशील देश खाद्यान्न और जल-सुरक्षा का नुकसान गंभीर रूप से महसूस कर रहा है। जिससे कृषि प्रभावित हो रही है और बतलाया कि इससे निपटने के लिए जलवायु अनुकूल कृषि ही एक मात्र रास्ता है।

Fayera, Tasfaye ने 2021 में प्रकाशित शोध-पत्र “Climate variability and the responses of crop yields to agricultural drought in the East Wollega Zone, Oromia National Regional State, Ethiopia” में बतलाया है, इथोपिया के छोटे और सीमांत किसानों को जलवायु परिवर्तन से कभी सूखा और कभी बाढ़ के कारण उसके आजीविका पर नकारात्मक प्रभाव पड़ा। इस शोध में उन्होंने जलवायु प्रेरित कृषि तथा सूखे से प्रभावित फसल पैदावार का आकलन किया। जिसके लिए मान केंडल मॉडल परीक्षण का उपयोग कर तापमान एवं वर्षा परिवर्तन का विश्लेषण किया तथा r-software का उपयोग कर कृषि सूखा सूचकांक का विश्लेषण तथा चयनित उपज फसल और सूखा सूचकांक के बीच सहसंबंध, पियर्सन सहसंबंध

गुणांक का उपयोग किया, जिससे पता चला कि गेहूं और बाजरा का अधिक उत्पादन हुआ है।

Kelkar, M. Saurabh और अन्य ने 2020 में प्रकाशित शोध-पत्र "Impact of climate variability and change on crop production in Maharashtra, India" में बतलाया है, भारत के महाराष्ट्र जिला में प्रमुख फसलों के उत्पादन पर जलवायु कारकों का संभावित अनुमान लगाया। जिसके लिए दैनिक वर्षा और NEX- GDDP संग्रह में सांख्यिकीय रूप से काम की गई MPI-ESM-MR मॉडल द्वारा सिमयुलेटेड न्यूनतम और अधिकतम तापमान का उपयोग किया है। इन्होंने जांच के लिए 4 अलग रिगरेशन मॉडल का उपयोग किया और बतलाया भविष्य में वर्षा और तापमान में परिवर्तनशीलता की संभावना है, जिसके लिए तनाव-सहिष्णु फसल की नस्लों की आवश्यकता है, जो जलवायु अनुकूल कृषि के लिए अनुकूल हो।

Ranjan, Kumar Ranjeet और अन्य ने 2020 में प्रकाशित शोध-पत्र "Effect of Climate Variables on Yield of Major Crop in Samastipur District of Bihar: A time Series Analysis" में बतलाया है, समस्तीपुर में जलवायु परिवर्तन से फसल उत्पादन प्रभावित हो रहा है, लेकिन अब जलवायु परिवर्तन और इसका प्रभाव अच्छी तरह पहचाने जा रहे हैं। इन्होंने जलवायु परिवर्तनके कारण मक्का और गेहूं की फसल पर पड़ने वाले प्रभाव का आकलन किया, जिसके लिए द्वितीय आंकड़ा का उपयोग कर प्रतिगमन मॉडल का उपयोग किया। इसमें मक्का के उत्पादन पर सकारात्मक प्रभाव को देखा और बतलाया कि जलवायु अनुकूल फसल सकारात्मक उत्पादन देता है।

NITHIN, K. N. ने 2015 में प्रकाशित शोध-पत्र "Impact of Climate Change on Indian Agriculture - A Scenario with Reference to Rainfall in India" नें बतलाया है, भारतीय क्षेत्र में जलवायु परिवर्तन, विशेषकर दक्षिण पश्चिम मानसून का कृषि उत्पादन, जल संसाधन प्रबंधन और देश की समग्र अर्थव्यवस्था पर प्रभाव पड़ता है। क्योंकि भारतीय कृषि क्षेत्र, पीने का पानी

और मीठे पानी का लगभग 80% पूर्ति दक्षिण पश्चिम मानसून से होता है। इसमें उन्होंने प्राथमिक डेटा के लिए 30 किसानों से प्रश्नावली और द्वितीय डेटा भारतीय रिजर्व बैंक और भारतीय मौसम विभाग से एकत्र डेटा का चक्रवृद्धि वार्षिक वृद्धि दर (CAGR) का प्रयोग खाद्यान्न, अनाज और दलों के क्षेत्र, उत्पादन और उत्पादकता के वृद्धि के लिए किया और भिन्नता गुणांक (CV), सहसंबंध, गैरेट की रैंकिंग विधि का उपयोग कर खाद्यान्नों में वृद्धि देखा है।

MANJUNATHA, B. L. और अन्य ने 2012 में प्रकाशित शोध-पत्र "Impact of Climate Change on Indian Agriculture: Adaptation and Mitigation Strategies" में बतलाया है, भारतीय कृषि पर जलवायु परिवर्तन का बहुत गहरा प्रभाव हो रहा है जिससे खाद्य-सुरक्षा असुरक्षित हो रहा है। इससे निपने के लिए राष्ट्रीय स्तर पर जलवायु अनुकूल कृषि और तकनीक का उपयोग करना होगा तथा जलवायु परिवर्तन और इसके प्रतिकूल प्रभावों से निपटने के लिए भारतीय कृषि, लोगों को जलवायु के बारे में शिक्षित करना होगा।

कुमार, करण ने 2023 में प्रकाशित शोध-पत्र "क्लाइमेंट स्मार्ट कृषि" (CSA) में बतलाया है, क्लाइमेंट स्मार्ट कृषि एक टिकाऊ दृष्टिकोण है। जिसमें उन्होंने तीन मुख्य लक्ष्य - उत्पादकता को बढ़ाना, जलवायु परिवर्तन के लिए अनुकूलता विकसित करना और उत्सर्जनकों को कम करना है। इसका मुख्य उद्देश्य खाद्य-सुरक्षा और सतत विकास के लिए कृषि प्रणालियों को बदलना है, और उन्होंने बतलाया क्लाइमेंट स्मार्ट कृषि केंद्रित प्रयासों और वित्त पोषण के साथ भविष्य की पीढ़ियों के लिए अधिक लचीला और टिकाऊ खाद्य प्रणाली बनाने में मदद कर सकता है।

Meena, MS और अन्य ने 2015 में प्रकाशित शोध-पत्र "Gendered Approach to Climate Resilient Agriculture: Technology and Policy-led Options" में बतलाया है, बिहार के मधुबनी जिले में महिला कृषकों का जलवायु अनुकूल कृषि में योगदान तथा WHH का एक चौथाई मलिक कृषक के रूप में शामिल है। जलवायु अनुकूल कृषि के लिए मधुबनी के 100 महिला परिवारों

(WHH) को यादृच्छिक रूप से अनुसूची आधारित सर्वेक्षण किया और बतलाया kv के साथ एकीकरण कर उन्हें शिक्षित, तकनीकी ज्ञान, फसल विविधीकरण और जोखिम में कमी तथा महिलाओं के अनुकूल उपकरणों पर जोर दिया है।

Yadav, Sudheer Kumar and Kumar, Ajay ने 2023 में प्रकाशित शोध-पत्र "Crop diversification for climate resilient agriculture: Opportunity and challenge" में बतलाया है, कि जलवायु अनुकूल कृषि के लिए फसल विविधीकरण करना जरूरी है जिससे छोटे और सीमांत किसान जिनके भूमि का आकार छोटा या विखंडीत है। उन भूमि धारकों के लिए आय बढ़ाने, रोग मुक्त पौधा खरपतवार और मिट्टी कटाव को कम करने तथा मिती नमी को संरक्षित करके कृषि संबंधी लाभ मिल सकता है।

Parida, Ranjan Bikash और अन्य ने 2022 में प्रकाशित शोध-पत्र "Surface Soil Moisture Retrieval Using Sentinel-1 SAR Data for Crop Planning in Kosi River Basin of North Bihar" में बतलाया है, कोसी नदी बेसिन में सतही मिट्टी की नमी को जांच कर उसके आधार पर फसल योजना का निर्धारण किया जाना चाहिए। जिसके लिए SAR (Synthetic Aperture Radar) तकनीक और Backscattering models का उपयोग किया। इन्होंने सापेक्ष मिट्टी की पारगम्यता का अनुमान लगाने के लिए Dubois model का उपयोग कर कोसी मेंगाफैन में सबसे अधिक नमी दर्शाया।

P., Agung Putra और अन्य ने 2015 में प्रकाशित शोध-पत्र "Soilless Culture System to Support Water Use Efficiency and Product Quality: a Review" में बतलाया है, गहन खेती प्रणाली और ज्यादा पानी का उपयोग भविष्य के लिए खतरा बन सकता है। इसके लिए उन्होंने मिट्टी रहित संस्कृति और बंद-लूप प्रणाली का उपयोग पर जोड़ दिया और इन्होंने आगे बतलाया कि इसके उपयोग से पैदावार में वृद्धि तथा बंद-लूप प्रणाली से जल उपयोग दक्षता बेहतर होगा।

त्यागी, जयवीर और अन्य ने 2012 में प्रकाशित शोध-पत्र “सिंचाई जल उपयोग की दक्षता बढ़ाने के लिए मृदा नमी आंकलन की तकनीकें” में बतलाया है, कि मिट्टी की नमी को माप कर उसके सिंचाई के निर्धारण में उपयोगी होगा। जिसमें मात्रात्मक विधियाँ (Gravimetric विधि, neutron scattering तथा Dielectric constant) जो मृदा जल की मात्रा दर्शाती है, गुणात्मक विधियाँ (विद्धुत प्रतिरोधक ब्लॉक, टेन्सियोमीटर) जो मृदा जल अवशोषण को दर्शाता है। इस विधि के उपयोग से मृदा नमी, वर्षा, सिंचाई मात्र और फसल स्थिति के आँकड़े भविष्य में सिंचाई जल प्रबंधन की योजना में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं। भारत जैसे कृषि प्रधान देश में यह विधि अपनाकर जल बचत और पैदावार में क्रांतिकारी बढ़त हासिल कर सकता है।

वर्मा, एल. सी और अन्य ने 2022 में प्रकाशित लेख “ड्रोन तकनीक का कृषि में प्रयोग” में बतलाया है, ड्रोन जैसी तकनीक का उपयोग कृषि क्षेत्र में करने और उसके बहुउद्देशीय उपयोग की काफी संभावनाएँ जैसे- मृदा और प्रक्षेत्र विश्लेषण, फसल की निगरानी, बागवानी, पशुधन-प्रबंधन, फसलों पर दवाओं का छिड़काव, फसल स्वास्थ्य की जाँच, मौसम पूर्वानुमान, मॉनिटर-विकास एवं भू-फ्रेंसिंग शामिल है। आगे उन्होनें बतलाया इसके उपयोग से किसान कम समय में ज्यादा कृषि क्षेत्रों में फसलों पर रसायन का छिड़काव कर सकते हैं। इससे मानव-श्रम की गति को कई गुना बढ़ा सकता है। कृषि क्षेत्र ड्रोन का उपयोग एक क्रांतिकारी कदम है। ड्रोन कृषि क्षेत्र में एक बड़ी भूमिका निभाने के लिए तैयार हैं। खासकर सटीक कृषि, फसल की उपज में सुधार और टिड्डी नियंत्रण सहित अन्य क्षेत्रों में यह महत्वपूर्ण योगदान करेगा।

बाना, आर. एस. & महरा, गिरिजेश सिंह ने 2021 में प्रकाशित शोध-पत्र “कम लागत में अधिक लाभ हेतु कृषि की आधुनिक प्रौद्योगिकियाँ” में बतलाया है, उत्पादकता और लाभ को लेकर कृषि के तरीके और नवीन समन्वित कृषि प्रणाली, परिशुद्धता खेती, श्रम व परिवहन लागता, उन्नत बीज, खेत समतलीकरण, बीज बुआई के आधुनिक तरीके, जैविक खाद, हरी खाद व भूरी

खाद, सिंचाई के आधुनिक तकनीक तथा फसल बीमा जैसी मुद्दों पर प्रकाश डाला है। जिससे किसान इसे अपना कर समृद्ध बन सकते हैं।

खान, नवाब और अन्य ने 2021 में प्रकाशित शोध-पत्र “Current progress and future prospects of agriculture technology: gateway to sustainable agriculture” में बतलाया है, कि लगातार बढ रहे जनसंख्या को भोजन उपलब्ध कराने के संबंध में है। जिस तरह जनसंख्या बढ़ रही है और कृषि योग्य भूमि की कमी हो रही है, उसमें नये कृषि-तकनीक के साथ नवीन मशीनों, कंप्युटर तथा ड्रोन-युक्त मशीनों के साथ IOT(Internet of things), VF(Vertical farming), Ground sensor or Remote की आवश्यकता है। जिससे कि जनसंख्या की मांग पूरी की जा सके और इस तकनीक को किसान अपना कर उद्यमी बन सकता है तथा खाद्य-सुरक्षा का आधार मजबूत होगा।

लेमी, रमिरु और हैलू, फेकाडु ने 2019 में प्रकाशित शोध-पत्र “जलवायु परिवर्तन परिवर्तनशीलता का प्रभाव कृषि उत्पादकता” में बतलाया है, कि जलवायु परिवर्तन विश्वव्यापी पर्यावरणीय खतरा है, और उन्होंने उष्णकटिबंधीय, उपोषणकटिबंधीय क्षेत्र में अवस्थित देशों का पेपर अध्ययन कर वहाँ की जलवायु परिवर्तन का कृषि और अन्य संसाधनों पर प्रभाव का उल्लेख कर तापमान के बढ़ने और घटने से कृषि उत्पादकता पर पड़ रहे प्रभाव को संक्षिप्त में बतलाया है। इन्होनें मुख्य रूप से जलवायु परिवर्तन की विविधता और परिवर्तन का प्रभाव-फसल उत्पादन, बागवानी, पोल्ट्री, पशुधन उत्पादन, मछली उत्पादन और मधुमक्खियों के पालन पर बतलाया है, तथा उन्होंने उपयुक्त बातों पर जलवायु अनुकूल रणनीति और पारंपरिक परिस्थितिक ज्ञान को नवीन और उन्नत प्रौद्योगिकी पर ले जाने पर जोड़ दिया है।

Manida, M. और अन्य ने 2021 में प्रकाशित शोध-पत्र “New Agriculture Technology in Modern Farming” में बतलाया है, कि परंपरागत कृषि और दक्षता बढ़ाने के लिए सिंथेटिक खाद और कीटनाशकों पर निर्भरता पर्यावरणीय खतरा एवं वैश्विक खाद्य उत्पादन को प्रभावित कर रहा है, और

जलवायु परिवर्तन जैसी समस्याओं का सामना करना पर रहा, जिसके लिए नवाचार और अन्वेषण की जरूरत है। साथ ही जलवायु अनुकूल कृषि, नवीन तकनीकों तथा जैविक खाद के उपयोग से खाद्य-सुरक्षा और आम जनों तक भोजन आपूर्ति की जरूरतों को पूरा किया जा सकता है।

Rehman, Abdul और अन्य ने 2016 में प्रकाशित शोध-पत्र “Modern Agricultural Technology Adoption its Importance, Role and Usage for the Improvement of Agriculture” में बतलाया है, आधुनिक प्रौद्योगिकी इंसानों की काम करने के तरीके को बदल रहा है। जैसे- मशीनें, GPS locators, computer monitoring systems, self-steer programs, ड्राइवर रहित ट्रैक्टर इलेक्ट्रॉनिक सेन्सर तथा अन्य कृषि मशीनरी तकनीकों के उपयोग से कृषि उत्पादन में काफी सुधार हो रहा है, तथा की देश उत्पादकता में अपने व्यक्तिगत योगदान के लिए इसका उपयोग कर रहा है।

Singh, R.K.P. और अन्य ने 2015 में प्रकाशित शोध-पत्र “A study on adoption of modern agricultural technologies at farm level in Bihar” में बतलाया है, कि बिहार में आधुनिक कृषि प्रौद्योगिकी को अपनाने में कई बाधाएं हैं- नवाचार और प्रसार का अभाव, खेत के जोत का आकार, ATMA (Agriculture Technology Management Agency) और KVK (कृषि विज्ञान केंद्र) जैसी संस्थान का कुछ ही गाँव और शिक्षित किसानों का चयन, अपर्याप्त कर्मचारी, कम पर्यवेक्षण और परिवहन सुविधा की कमी। प्राथमिक आंकड़ों का उपयोग करके बतलाया की शिक्षित और बड़े किसान ATMA, KVK, सरकारी योजना और अनुदान का लाभ ले पा रहे है। छोटे और सीमांत किसान इससे वंचित है।

रघुवंशी, रूपन और अन्य ने 2018 में शोध-पत्र (ब्रीफ़-1) में “जलवायु स्मार्ट कृषि और परामर्श सेवाओं पर संपूर्ण रिपोर्ट: भविष्य के लिए दृष्टिकोण और निहितार्थ” में बतलाया है, महाराष्ट्र राज्य के दो जिले अहमदनगर और पुणे को अध्ययन क्षेत्र बनाकर वहाँ जलवायु परिवर्तन से कृषि कैसे प्रभावित हो रही है,

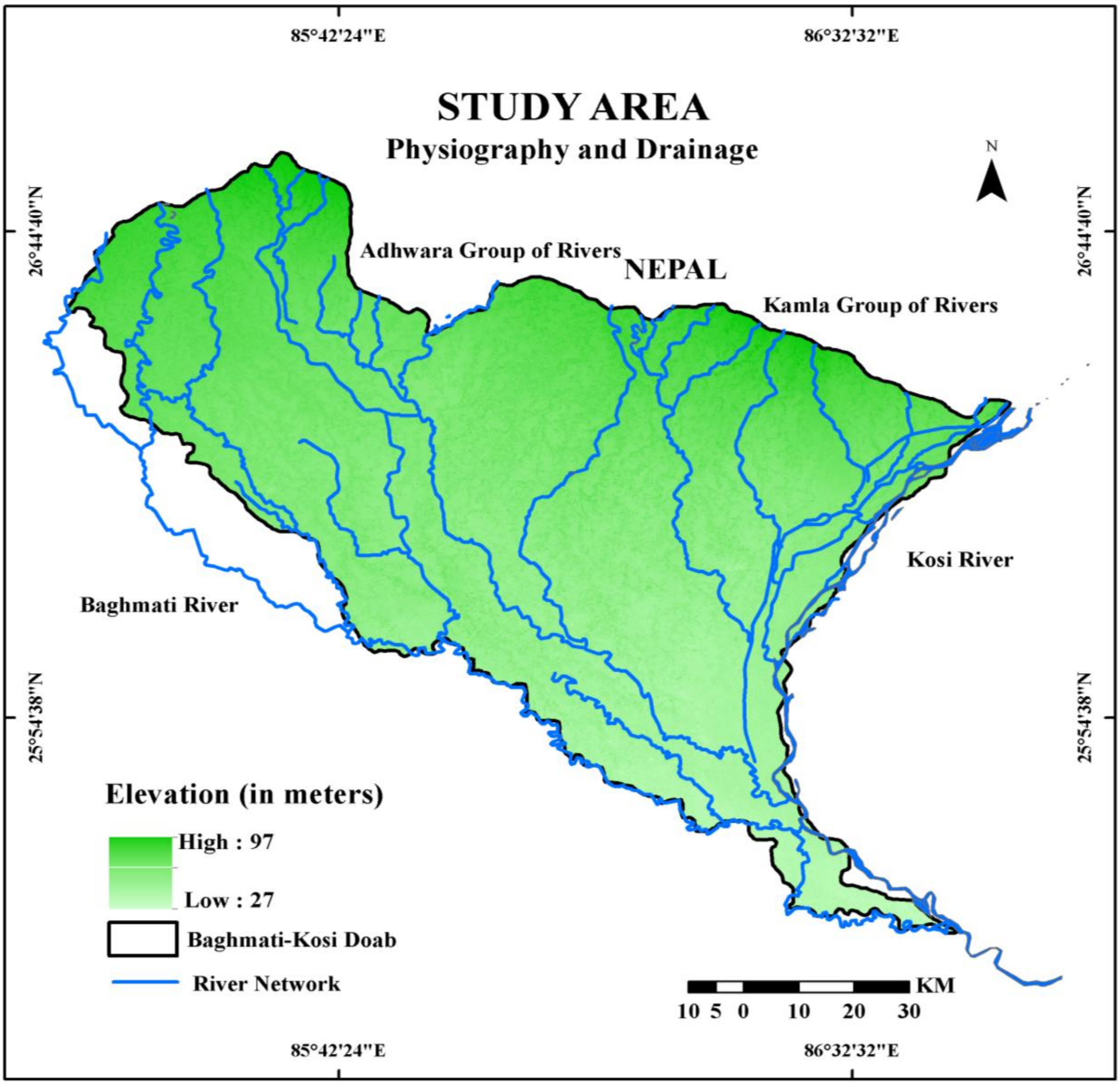
और उसके विकल्प में 'जलवायु स्मार्ट कृषि' को अपनाने और उससे मिलने वाले लाभ को लेकर किया गया है। कार्यप्रणली और डेटा संग्रह के लिए उन्होंने वहाँ पहले से स्थापित योजनाओं और डेटा संग्रह के लिय कृषि विज्ञान केंद्र (KVK) का दौरा किया और प्राथमिक और द्वितीय डेटा का उपयोग कर 'जलवायु स्मार्ट कृषि' (CSA) का तालिका बनाकर विधियान का प्रकार, संचालन विवरण और इसका कौन उपयोग करता है उसपे चर्चा किया गया है।

अहमद, अकरम और अन्य ने 2019 में प्रकाशित शोध-पत्र "इंटरनेट ऑफ थिंग्स आधारित स्मार्ट सिंचाई प्रबंधन प्रणाली" में उन्होंने बतलाया है जिस तरह जनसंख्या लगातार बढ़ रही है। भविष्य में शुद्ध पीने योग्य जल संसाधन का अकाल पड़ सकता है, क्योंकि जल हमारे पास सीमित मात्रा में है और शुद्ध जल का सबसे अधिक दोहन कृषि में हो रहा है। इसी को देखते हुए अब कृषि में IOT (Internet of things) जैसी आधुनिक तकनीक को उपयोग करने की जरूरत है। इसके इस्तेमाल से सिंचाई कम समय, कम जल में पूरे खेत को करने में सक्षम है। और उन्होंने बतलाया की परंपरागत सिंचाई दक्षता (40%), छिड़काव सिंचाई दक्षता (80-85%), टपक सिंचाई दक्षता (85-90%)है। वही IOT आधारित स्मार्ट सिंचाई दक्षता (90%) है। IOT का कार्यप्रणाली खेत की मिट्टी की नमी को सेंसर द्वारा कम आँके जाने पर स्वतः ही जल छोड़ दिया जाता है, और नमी पूर्ण होने पर स्वतः ही बंद हो जाता है। इसके उपयोग करने से पानी की बचत, भूमि निगरानी, उत्पादकता बढ़ता है, मिट्टी के PH स्तर के अनुकूल बीज बोआइ और फसल बीमारियों को रोक जा सकता है।

5. अध्ययन-क्षेत्र:-

प्रस्तावित शोध उत्तर बिहार के बागमती-कोसी दोआब क्षेत्र पर आधारित है। प्रो० आर एल सिंह ने अपनी पुस्तक 'INDIA : A REGIONAL GEOGRAPHY' में बिहार को चार क्षेत्रीय भागों में बाँटा है- जिसमें मिथिला मैदान, कोसी मैदान, मगध मैदान और अंग मैदान शामिल है। इसीमें चुना गया अध्ययन-क्षेत्र मिथिला मैदान का बागमती-कोसी दोआब भाग है। जिसका अक्षांशीय विस्तार

25°32′14″N-26°53′14″N और देशान्तरीय विस्तार 85°15′27″E- 86°48′25″E है। इस अध्ययन-क्षेत्र के अंतर्गत उत्तर बिहार के कुल 9 जिलों के क्षेत्र शामिल है। इस अध्ययन क्षेत्र में सीतामढ़ी, मधुबनी तथा दरभंगा जिले के अधिकांश भाग समाहित है, जबकि शिवहर, मुजफ्फरपुर, समस्तीपुर, खगड़िया, सहरसा और सुपौल जिले का लगभग 10% क्षेत्र शामिल है। यहाँ की जलवायु उपोषणकटिबंधीय मानसूनी है (बिहार की जलवायु ,IMD)।



Source: SRTM DEM 2014

बागमती -कोसी दोआब का कुल क्षेत्रफल 9244.42 वर्ग किलोमीटर है, जो बिहार के कुल क्षेत्रफल का 9.81% है। इसकी समुद्र ताल से औसत ऊंचाई 62 मीटर है। इसका संपूर्ण क्षेत्र नदियों द्वारा लाई गई अवसादों से निक्षेपित मैदान है जो उत्तर

में हिमालय, पूर्व में कोसी, पश्चिम में बागमती तथा दक्षिण में सोनबरसा घाट (खगड़िया जिला) के बागमती-कोसी संगम से घिरा है (मिश्रा, कुमार दिनेश, 2012)। यहाँ की मृदा नवीन जलोढ़ मृदा है, जिसका मृदा समूह- माध्यम अम्लीय, भारी बनावट, रेतीली दोमट से चिकनी मृदा, बाढ़ प्रवण है (वार्षिक रिपोर्ट ICAR, 2020), जो की कृषि के लिए अत्यंत उपजाऊ मृदा है जिसमें मुख्य रूप से धान, गेंहू, मक्का, गन्ना, तंबाकू, दलहन आदि की गहन कृषि की जाती है (ICAR, 2020)। इसीलिए यहाँ की अधिकतर जनसंख्या कृषि पर निर्भर है। यहाँ अधिकतम वर्षा जुलाई से अगस्त महीनों के बीच होती है। इस क्षेत्र की औसत वार्षिक वर्षा 1260 मिमी है तथा औसत वार्षिक तापमान 25 डिग्री सेल्सियस है (बिहार की जलवायु, विकिपीडिया)। यहाँ की कुल जनसंख्या 2,98,53,835 है (भारत जनगणना रिपोर्ट,2011)।

बागमती-कोसी दोआब क्षेत्र के अंतर्गत आने वाली मुख्य नदी-तंत्र- बागमती, अधवारा नदी समूह, कमला-बलान नदी समूह एवं कोसी नदी शामिल है। ये सभी नदियाँ प्रत्येक वर्ष बाढ़ लाती है (जल संसाधन बिहार,2023)। जिसके कारण यह क्षेत्र नवीन जलोढ़ मिट्टी (दोमट) से आच्छादित होता है, जो कृषि के लिए उपयुक्त है। लेकिन बदलते जलवायु, तकनीकी अभावों, कृषि प्रशिक्षण तथा जागरूकता के अभाव के कारण यहाँ के किसान जलवायु अनुकूल कृषि का लाभ नहीं ले पा रहे हैं। अतः इस क्षेत्र-विशेष के चयन के पीछे का यही मुख्य कारण है। उक्त अध्ययन क्षेत्र का उद्देश्य जलवायु अनुकूल कृषि-अध्ययन, छोटे और सीमांत किसानों पर इसका प्रभाव तथा इसे अपनाने से फसल उत्पादकता पर प्रभावों का अध्ययन कर सुझाव देना है।

6. आंकड़ा-स्रोत एवं कार्यप्रणाली :-

प्रस्तावित शोध निम्नलिखित तीन चरणों में पूरा किया जायेगा।

1. आंकड़ा का संग्रहण:-

शोध से संबंधित आंकड़ों के संग्रहण हेतु मुख्यतः दो स्रोतों का उपयोग किया जायेगा।

I. प्राथमिक आंकड़ा:-
प्रस्तावित शोध अध्ययन को पूरा करने के लिए चयनित अध्ययन क्षेत्र से संबंधित जनसंख्या का प्राथमिक आंकड़ों के रूप में यादृच्छिक नमूना और गैर यादृच्छिक नमूनाकरण तकनीक से प्रश्नावली, अनुसूची, साक्षात्कार एवं अवलोकन जैसे विधियों का प्रयोग किया जायेगा।

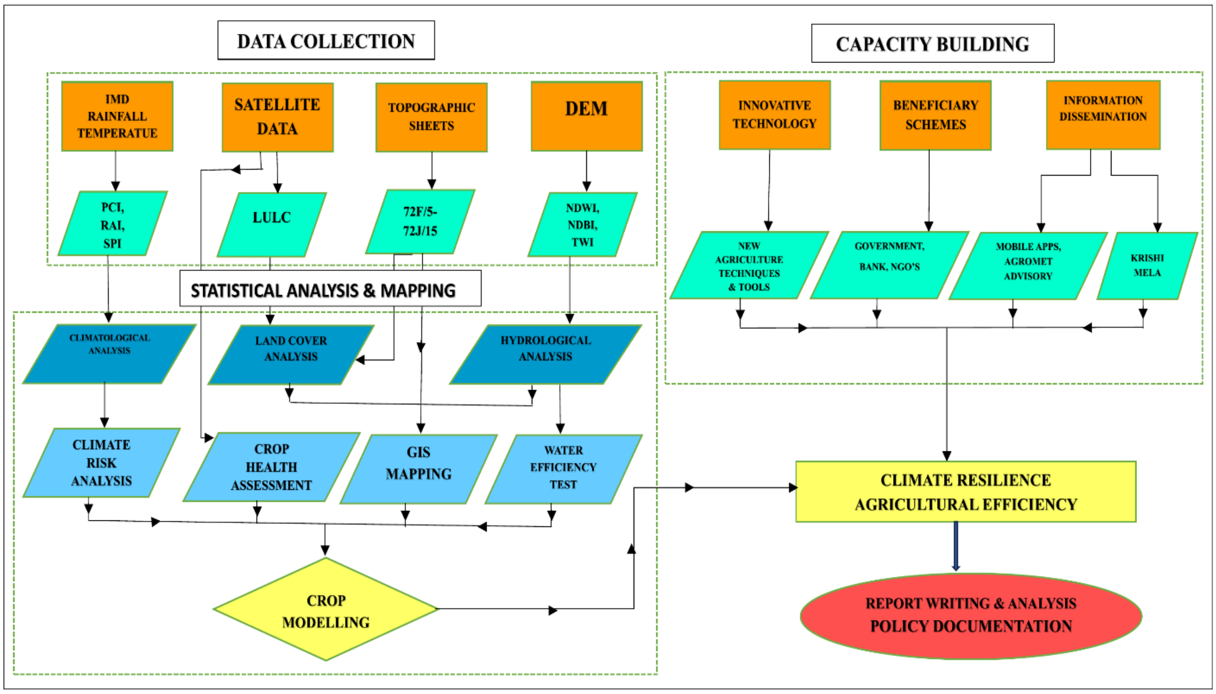
II. द्वितीयक आंकड़ा:-
प्रस्तावित शोध में द्वितीयक आंकड़ों के रूप में उपग्रह आंकड़ों का प्रयोग किया जायेगा। भारतीय मौसम विभाग (IMD), भारतीय सर्वेक्षण (SOI), उपग्रह आंकड़ों के लिए संयुक्त राज्य भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (USGS) आदि प्रमुख है। साथ ही द्वितीयक आंकड़ों के लिए कृषि विज्ञान केंद्र, भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद, कृषि मेंला, कृषि विभाग (बिहार), भारतीय जनगणना रिपोर्ट आदि से संबंधित आंकड़ों का उपयोग किया जायेगा।

2. आंकड़ों का विश्लेषण:-

प्रस्तावित शोध में एकत्र किए गए उपग्रह आंकड़ों का विश्लेषण Arc GIS तकनीक का प्रयोग द्वारा किया जायेगा। जबकि प्राथमिक आंकड़ों एवं द्वितीयक आंकड़ों के विश्लेषण के लिए नवीन सांख्यिकीय विधियों जैसे- सहसंबंध, प्रतिगमन, काई-स्क्वायर टेस्ट, एनोवा टेस्ट आदि का प्रयोग SPSS सॉफ्टवेयर के माध्यम से किया जायेगा। ArcGIS10.8.2 का प्रयोग कर जलीय विश्लेषण के लिए NDWI (Normalized Difference Water Index), TWI (Topographic Wetness Index), NDBI (Normalized Difference Built-up Index); जबकि जलवायविक विश्लेषण के लिए PCI (Precipitation Concentration Index), RAI (Rainfall Anomaly Index), एवं SPI (Standardized Precipitation Index) सूचकांक का प्रयोग किया जायेगा।

3. मानचित्रण एवं प्रतिवेदन लेखन:-

उपर्युक्त आंकड़ों के वर्णनात्मक एवं मात्रात्मक विश्लेषण के आधार पर जलवायु का दंडारेख और आयतचित्र, भू-उपयोग एवं जलीय विशेषताओं का LULC, NDWI आदि का मानचित्रण किया जायेगा।



7. प्रस्तावित शोध का भूगोल तथा अन्य संबंधित सामाजिक विज्ञान विषयों में उपायदेता:-

प्रस्तावित शोध “बिहार के बागमती-कोसी दोआब में जलवायु अनुकूल कृषि का अनुप्रयोग : एक भू-स्थानिक अध्ययन” पर आधारित है। कृषि भूगोल के क्षेत्र में किए गए पूर्व साहित्य अध्ययनों की समीक्षा से स्पष्ट है कि अंतरराष्ट्रीय, राष्ट्रीय एवं राज्य स्तर पर कृषि भूगोल के क्षेत्र में शोध कार्य किये गये हैं। बिहार कृषि विश्वविद्यालय (सबौर), डॉ० राजेन्द्र प्रसाद केन्द्रीय कृषि विश्वविद्यालय (पूसा), बोरलॉग इंस्टीट्यूट फॉर साउथ एशिया (पूसा) एवं अन्य क्षेत्र की कृषि से संबंधित कुछ शोध कार्य हुए हैं तथा डाउन टू अर्थ, कृषि मंजूषा, Agriallis, कुरुक्षेत्र, योजना आदि शोध पत्रिकाओं में कुछ शोध

निबंधों का प्रकाशन किया गया है। लेकिन बागमती-कोसी दोआब क्षेत्र के जलवायु अनुकूल कृषि के प्रभाव से संबंधित शोध का नितांत अभाव है। यह कृषि भूगोल के क्षेत्र अध्ययन का एक नवीन मुद्दा है और इस शोध कार्य से कृषि भूगोल में कार्य करने वाले शोधकर्ताओं तथा कृषि विभाग में संलग्न विभिन्न शासकीय विभागों को कार्य-योजना तैयार करने में सहायता मिल सकेगी। इस दृष्टि से यह शोध कार्य और इसमें प्रयुक्त विधि-तंत्र कृषि उत्पादकता के दृष्टिकोण से पिछड़े क्षेत्रों के लिए योजना तैयार करने में एक मॉडल के रूप में काम आयेगा। इस प्रकार यह शोध राज्य एवं राष्ट्रीय स्तर पर भी पिछड़े क्षेत्रों के कृषि विकास के लिए योजना प्रस्तुत करने में भूगोल, अर्थशास्त्र एवं समाज विज्ञान के अन्य विषयों के लिए यह शोध उपयोगी रहेगा।

8. अध्यायीकरण:-

प्रस्तावित शोध के लिए निम्नलिखित अध्यायीकरण किया गया है:-

अध्याय **1:** संकल्पनात्मक पृष्ठभूमि एवं अध्ययन क्षेत्र।

अध्याय **2:** बागमती-कोसी दोआब में कृषि प्रारूप पर जलवायु परिवर्तन का विश्लेषण।

अध्याय **3:** किसानों के अर्थव्यवस्था पर जलवायु अनुकूल कृषि के प्रभाव का अध्ययन।

अध्याय **4:** जलवायु अनुकूल कृषि के तहत किसानों की क्षमता विकास एवं फसल उत्पादन का अध्ययन।

अध्याय **5:** जलवायु अनुकूल कृषि के तहत विभिन्न फसल प्रणाली का तुलनात्मक विश्लेषण।

अध्याय **6:** फसल उत्पादन में जल उपयोग दक्षता का अध्ययन।

अध्याय **7:** सारांश एवं निष्कर्ष।

9. संदर्भ-सूची:-

1. Bakers, Martin, et al. "कृषि का इतिहास", Cambridge Stanford Books,2019, pp.5-6, https://play.google.com/books/reader?id=nB7NDwAAQBAJ&pg=GBS.PT2_290&hl=lt

2. Bana, R. S. *Modern Agricultural Technologies for Reduced Cost and Higher Income (In Hindi; Kam Laagat Me Adhik Laabh Hetu Krishi Ki Aadhunik Prodyogikiyan)*. 2021, https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19412.73603.
3. Banerjee, Rahul, et al. "Modeling and Forecasting of Agricultural Commodity Production under Changing Climatic Condition: A Review." *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*, vol. 36, no. Of, 2022, pp. 273–79, https://doi.org/10.18805/bkap362.
4. *CENSUS OF INDIA 2011 PROVISIONAL POPULATON TOTALS* https://censusindia.gov.in/nada/index.php/catalog/42611
5. De Leo, Simonetta, et al. "Economic Implications for Farmers in Adopting Climate Adaptation Measures in Italian Agriculture." *Land*, vol. 12, no. 4, Apr. 2023, https://doi.org/10.3390/land12040906.
6. Eckard, Richard. *Climate Smart Agriculture Presentation*. no. November, 2015, pp. 92–95.
7. Fayera, Tasfaye. "Climate Variability and the Responses of Crop Yields to Agricultural Drought in the East Wollega Zone, Oromia National Regional State, Ethiopia." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1016, no. 1, 2022, https://doi.org/10.1088/1755-1315/1016/1/012002.
8. Kelkar, Saurabh M., et al. "Impact of Climate Variability and Change on Crop Production in Maharashtra, India This Study Estimates the Possible Effects of Change in Climatic Factors on the Production of Major Crops in Maharashtra, India. Daily Precipitation, and Mini-Mum and Maximum Temperature Simulated by a Sta-Tistically Downscaled MPI-ESM-MR Model in NEX." *Current Science*, vol. 118, no. 8, 2020, pp. 1235–45, www.tropmet.res.in.
9. Khan, Nawab, et al. "Current Progress and Future Prospects of Agriculture Technology: Gateway to Sustainable Agriculture." Sustainability (Switzerland), vol. 13, no. 9, 2021, pp. 1–31, https://doi.org/10.3390/su13094883.

10. Lemi, Tamiru. "Effects of Climate Change Variability on Agricultural Productivity." *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, vol. 17, no. 1, Feb. 2019, https://doi.org/10.19080/ijesnr.2019.17.555953.

11. M, Manida, and Ganeshan M. K. “New Agriculture Technology in Modern Farming.” *International Journal of Management Research and Social Science*, vol. 8, no.3,2021,https://doi.org/10.30726/ijmrss/v8.i3.2021.83016.

12. Parida, Bikash Ranjan, et al. “Surface Soil Moisture Retrieval Using Sentinel-1 SAR Data for Crop Planning in Kosi River Basin of North Bihar.” *Agronomy*, vol. 12, no. 5, May 2022, https://doi.org/10.3390/agronomy12051045.

13. Putra, P. Agung, and Henry Yuliando. “Soilless Culture System to Support Water Use Efficiency and Product Quality: A Review.” Agriculture and Agricultural Science Procedia, vol. 3, 2015, pp. 283–88, https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.054.

14. Ranjan, Ranjeet Kumar, et al. “Effect of Climate Variables on Yield of Major Crop in Samastipur District of Bihar: A Time Series Analysis.” *Economic Affairs (New Delhi)*, vol. 65, no. 4, 2020, pp. 637–44, https://doi.org/10.46852/0424-2513.4.2020.21

15. Rehman, Abdul, and Imran Hussain. “Modern Agricultural Technology Adoption Its Importance, Role and Usage for the Improvement of Agriculture Province, Pakistan View Project Eco-Energy-Environmental Nexus in China View Project.” *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*, vol. 16, no. 2, 2016, pp. 284–88, https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2016.16.2.12840.

16. Saraswat, Himanshi. *Climate Resilient Agriculture: The Need of Hour*. no. 7, pp. 43–49.

17. Singh, R. K. P., et al. “A Study on Adoption of Modern Agricultural Technologies at Farm Level in Bihar.” *Economic Affairs*, vol. 60, no. 1, 2015, p. 49, https://doi.org/10.5958/0976-4666.2015.00005.4.

18. Srivastava, S. L., and R. D. Singh “सिंचाई जल उपयोग की दक्षता बदने के लिए मृदा नमी आंकलन की तकनीक” 2025, pp. 82–86.

19. Tesfaye, Kindie, et al. “Climate Variability and Change in Bihar, India: Challenges and Opportunities for Sustainable Crop Production.” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 9, no. 11, Nov. 2017, https://doi.org/10.3390/su9111998.

20.यादव, विजय “मिथिला मैदान में कृषि विकास स्तर पर हरित क्रान्ति का प्रभाव: एक भौगोलिक अध्ययन” 2018,pp.4-10

21.सिंह, आर एल, इंडिया: अ रीजेनल जीआग्रफी, 1987,pp. 191-192 https://archive.org/details/dli.scoerat.2120indiaaregionalgeography/page/187/mode/1up.

22. Kumar, Vikram, and Shanu Khan. Importance of Weather Prediction for Sustainable Agriculture in Bihar, India Archives of Agriculture and Environmental Science

Importance of Weather Prediction for Sustainable Agriculture in Bihar, India. no. June 2017, 2018, pp. 105–08.

23. KRISHI ROAD MAP, BIHAR https://state.bihar.gov.in/cache/29/Media%20Gallery/Publications/3a.pdf

24. Mall, R. K., et al. "Impact of Climate Change on Indian Agriculture: A Review." *Climatic Change*, vol. 78, no. 2–4, 2006, pp. 445–78, https://doi.org/10.1007/s10584-005-9042-x.

25. Mahapatra, Samarendra. "Impact of Climate Change on Indian Agriculture." *Climate Change Effect on Crop Productivity*, vol. 30, no. June, 2014, pp. 213–28, https://doi.org/10.1201/b17684.

26. Mishra, Dinesh Kumar. Trapped ! Between the Devil and the Deep Waters. 2008, p. 221.

27. Sen4Cap. *Crop Diversification | Sen4Cap*. no. February, 2017, pp. 1–6, http://esa-sen4cap.org/content/crop-diversification.

28. Meena, M. S., et al. "Gendered Approach to Climate Resilient Agriculture: Technology and Policy-Led Options." *Online) Journal of AgriSearch*, vol. 2, no. 3, pp. 206–11.

29. कुमार, संजीव और अन्य "जलवायु परिवर्तन के परिदृश्य में समेकित कृषि प्रणाली का महत्व" कृषि मंजूषा, अप्रैल 2019, पृष्ठ सं०-3-8

30. कुमार, करण "climate smart agriculture" कृषि मंजूषा, अप्रैल 2023, पृष्ठ सं०-92-95

31. वर्मा, एल० सी० और अन्य 'ड्रोन तकनीक का कृषि में प्रयोग" गोरखनाथ कृषि दर्पण, संस्करण-द्वितीय, अंक-1, जनवरी-जून 2022, पृष्ठ सं०-21-26

32. रघुवंशी, रूपन "जलवायु स्मार्ट कृषि और परामर्श सेवाओं पर संपूर्ण रिपोर्ट : भविष्य के लिए दृष्टिकोण और निहितार्थ" मैनेज, जनवरी 2018, पृष्ठ सं०-1-8

33. https://www.livehindustan.com/bihar/purnia/story-more-than-80-percent-population-of-bihar-directly-or-indirectly-dependent-on-agriculture-joint-director-9455209.html

34. https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_Bihar

35. https://lotusarise.com/maps/states/bihar-map/bihar-physical-map/